

国家标准 GB50064

交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
设计规范

**Code for design of overvoltage protection and insulation coordination for
AC electrical installations**

（征求意见稿）

说 明

本规范是在《工业与民用电力装置过电压设计规范》GBJ65-1983 的基础上修订而成。该版的主编单位是原水利电力部电力科学研究院高压研究所；主要起草人员是刘继等。本次修订工作由中国电力科学研究院高电压研究所进行。

本次修订的主要内容是：

1. 第 1 章本规范适用范围由 35kV 及以下，扩大至 750kV 电压等级；
2. 第 2 章适当增加了术语；
3. 第 3 章较以前补充了系统中性点接地方式和运行中线路、电气设备绝缘上作用电压的规定；
4. 第 4 章较以前补充了暂时过电压(工频过电压、谐振过电压)和操作过电压及其限制的规定；
5. 第 5 章较以前补充了高压架空线路、发电厂变电站、配电系统和旋转电机的雷电过电压保护的规定；
6. 第 6 章增加了绝缘配合原则以及架空线路、变电站绝缘子串、空气间隙和电气设备绝缘配合的要求与方法。

此次修订工作，主要是依据我国电力行业执行已逾 10 多年的电力行业标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T620-1997。同时参考了俄罗斯电力和电气化股份公司“俄罗斯统一电力系统”1999 年发表的《6~1150kV 电网雷电和内过电压保护手册》(ПД153-34.3-35.125-99)、《绝缘配合 第 1 部分：定义、原理和规则》IEC60071-1 Insulation Coordination Part 1: definitions, principles and rules、《绝缘配合 第 2 部分：高压输变电设备的绝缘配合使用导则》GB/T311.2-2002 eqv IEC 60071-2: 1996IEC60071-2 Insulation Coordination Part 2: Application guide 和《提高输电线路雷电性能导则》IEEE Std.1243 Guide for Improving the Lightning Performance of Transmission Lines。吸收了从《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T620-1997 执行过程反馈回来的意见和近年来过电压保护和绝缘配合的科研成果以及工程实践经验等。

现按中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额司要求，将本规范的征求意见稿在互联网上公布，欢迎有关单位、人士广泛提出意见。所提意见请寄至以下地址：

北京市 100192 海淀区小营东路 15 号中国电力科学研究院高电压研究所过电压国标修订组

E-mail duisc@epri.sgcc.com.cn
gedong@epri.sgcc.com.cn

中国电力科学研究院高电压研究所过电压国标修订组

2011-6-30

目次

前言

1 总则

2 术语

3 系统中性点接地方式和线路、电气设备绝缘上作用的电压

3.1 系统中性点接地方式

3.2 线路、电气设备绝缘上作用的电压

4 暂时过电压、操作过电压及限制

4.1 暂时过电压(工频过电压、谐振过电压)及限制

4.2 操作过电压及保护

5 雷电过电压及保护

5.1 避雷针和避雷线

5.2 高压架空输电线路的雷电过电压保护

5.3 发电厂和变电站的雷电过电压保护

5.4 配电系统的雷电过电压保护

5.5 旋转电机的雷电过电压保护不得人

6 绝缘配合

6.1 绝缘配合原则

6.2 架空输电线路的绝缘配合

6.3 变电站绝缘子串及空气间隙的绝缘配合

6.4 变电站电气设备的绝缘配合

附录 A 各类作用电压和标准试验电压的波形

附录 B 外绝缘放电电压的海拔高度校正

附录 C 架空线路悬垂绝缘子串风偏角计算用风压不均匀系数

附录 D 操作过电压下线路绝缘闪络率的计算方法

附录 E 架空线路和变电站雷电性能的分析计算方法

附录 F 变电站电气设备耐受暂时过电压的要求

本规范用词说明

本规范引用标准名录

前 言

本规范根据建设部“关于印发《二〇〇四年工程建设国家标准制订、修订计划》的通知”（建标[2004]67号）的要求，由中国电力科学研究院对原国家标准 GBJ 64—83《工业与民用电力装置的过电压设计规范》修订而成。

本规范在修订过程中，修订组经过调查研究，广为搜集近年来随着电力系统的发展对电气工程中交流电气装置过电保护和绝缘配合技术提出的新要求以及相关科研和工程的实践经验，在原有标准的基础上增添了许多新的内容。

本规范共分6章和6个附录，主要技术内容包括：总则、术语、系统中性点接地方式和线路、电气设备绝缘上作用的电压、暂时过电压、操作过电压及限制、雷电过电压及保护以及绝缘配合等。

本规范本次修订的主要内容是：

- 1.对本规范的适用范围作了修订，由适用于 35kV 及以下，扩大到适用于 6kV~750kV 电压等级；
- 2.根据条文内容的修订，适当增加了术语；
- 3.规定了系统中性点接地方式和运行中线路、电气设备绝缘上作用的电压；
- 4.对暂时过电压(工频过电压、谐振过电压)和操作过电压及其限制作出了规定；
- 5.对高压架空线路、发电厂变电站、配电系统和旋转电机的雷电过电压保护作出了规定；
- 6.提出了绝缘配合原则以及架空线路、变电站绝缘子串、空气间隙和电气设备绝缘配合的要求与方法。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国电力企业联合会标准化管理中心负责具体管理，由中国电力科学研究院负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，注意积累资料，随时将意见和建议反馈给中国电力科学研究院（地址：北京市海淀区小营东路 15 号，邮编：100192），供今后修订时参考。

本规范主编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主编单位：中国电力科学研究院

主要起草人员：

主要审查人员：

1 总则

1.0.1 为使交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计，作到技术先进、经济合理，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于交流标称电压 6kV~750kV 电力系统中发电、变电、送电、配电电气装置和旋转电机的过电压保护和绝缘配合设计。

1.0.3 本规范规定了标称电压为 6kV~750kV 交流系统中电气装置过电压保护的方法和要求；提供了应用统计法的相对地、相间绝缘耐受电压或平均(50%)放电电压的选择程序，并给出了电气设备通常选用的耐受电压和架空输电线路与高压配电装置的绝缘子、空气间隙的推荐值。

1.0.4 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1

地闪密度 ground flash density, GFD

每平方公里、每年地面落雷次数。

2.0.2

少雷区 less thunderstorm region

平均年雷暴日数不超过15的地区。

2.0.3

中雷区 middle thunderstorm region

平均年雷暴日数超过 15 但不超过 40 的地区。

2.0.4

多雷区 more thunderstorm region

平均年雷暴日数超过40但不超过90的地区。

2.0.5

雷电活动特殊强烈地区 Thunderstorm activity special strong region

平均年雷暴日数超过90以及根据运行经验雷害特殊严重的地区。

2.0.6

保护角 shielding angle

地线对导线的保护角指杆塔处、不考虑风偏，地线对水平面的垂线和地线与最外侧子导线的连线之间的夹角。

2.0.7

电阻接地系统 Resistance grounded system

系统中至少有一根导线或一点(通常是变压器或发电机的中性线或中性点)经过电阻接地。

2.0.8

高电阻接地系统 High resistance grounded system

高电阻接地的系统设计应符合 $R_0 \leq XC_0$ 的准则，以限制由于电弧接地故障产生的瞬态过电压。一般采用接地故障电流小于 10A。 R_0 是系统等值零序电阻， XC_0 是系统每相的对地分布容抗。

2.0.9

低电阻接地系统 Low resistance grounded system

低电阻接地的系统为获得快速选择性继电保护所需的足够电流，一般采用接地故障电流为 100A~1000A。对于一般系统，限制瞬态过电压的准则是 $(R_0 / X_0) \geq 2$ 。其中 X_0 是系统等值零序感抗。

2.0.10

特快速瞬态过电压 Very fast transient overvoltage, VFTO

气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)和复合电器(HGIS, 即 Hybrid-GIS)的隔离开关在某些操作方式下，可能会产生频率为数百 kHz 至数 MHz 的高频振荡过电压，称为特快速瞬态过电压。

2.0.11

代表性过电压 Representative Overvoltage

该过电压对绝缘介质效应等同于系统在运行时由于不同原因产生的某一给定类型过电压的作用。在本规范中，代表性过电压一般通过仿真计算获得。

3 系统中性点接地方式和线路、电气设备绝缘上作用的电压

3.1 系统中性点接地方式

3.1.1 中性点有效接地系统

110kV~750kV 系统应采用有效接地系统，即系统在各种条件下应该使零序与正序电抗之比(X_0/X_1)为正值并且不大于 3，而其零序电阻与正序电抗之比(R_0/X_1)为正值并且不大于 1。

110kV 及 220kV 系统中变压器中性点应直接接地。由于限制短路电流等原因不能直接接地时，宜采用低阻抗接地，尽量不采用不接地系统。

330kV~750kV 系统中不允许变压器中性点不接地运行。

3.1.2 中性点非有效接地系统

1 中性点不接地系统

a) 6kV~20kV 不直接连接发电机、由钢筋混凝土或金属杆塔的架空线路构成的系统和所有 35kV、66kV 系统，当单相接地故障电容电流不超过 10A 时，可采用不接地系统；当超过 10A 又需在接地故障条件下运行时，应采用谐振接地系统或谐振—低电阻接地系统。

b) 不直接连接发电机的 6kV~20kV 电缆线路构成的系统，当单相接地故障电容电流 $\leq 10A$ 时可采用不接地系统；当超过相应电流又需在接地故障条件下运行时，应采用谐振接地系统或谐振—低电阻接地系统。

c) 6kV~20kV 具有发电机的系统，发电机内部发生单相接地故障不要求瞬时切机时，如单相接地故障电容电流不大于表 3.1.2 所示允许值时，可采用不接地系统；大于该允许值时，应采用谐振接

地系统，且故障点残余电流也不得大于该允许值。谐振接地系统采用的消弧装置可装在厂用变压器中性点上，也可装在发电机中性点上。

表 3.1.2 发电机接地故障电流允许值

发电机额定电压 kV	发电机额定容量 MW	电流允许值 A	发电机额定电压 kV	发电机额定容量 MW	电流允许值 A
6.3	≤50	4	13.8~15.75	125~200	2*
10.5	50~100	3	≥18	≥300	1

注：对额定电压为 13.8kV~15.75 的氢冷发电机为 2.5A。

发电机内部发生单相接地故障要求瞬时切机时，宜采用高电阻接地系统。电阻器一般接在发电机中性点变压器的二次绕组上。

2 中性点低电阻接地系统

6kV~35kV 由电缆线路构成的配电系统、发电厂厂用电系统和除矿山外的工业企业供电系统，单相接地故障电容电流较大时，可采用低电阻接地系统。系统采用此种接地系统时具有继电保护简单、选线可靠和瞬态过电压低以及电气设备、电缆可采用较低的绝缘水平。该接地系统在系统接地时瞬时跳闸，因此应考虑供电可靠性的要求。选择变压器中性点电阻器的电阻时，在满足单相接地继电保护可靠性和过电压绝缘配合的前提下宜选用较大值，以减轻对通信的影响、降低接地装置的接触电位差、跨步电位差和降低电阻器的容量。

3 中性点高电阻接地系统

6kV~10kV 配电系统以及发电厂厂用电系统，单相接地故障电容电流较小（≤7A）时，为防止谐振、间歇性电弧接地过电压等对设备的损害，可采用高电阻接地系统。此种接地系统下，单相接地故障不立即跳闸，故障电流应不大于 10A。

4 中性点谐振接地系统

6kV~66kV 系统当单相接地故障电容电流超过本条各款的相应规定值时，应采用谐振接地系统，并应符合以下要求：

- a) 谐振接地系统，宜采用具有自动跟踪补偿功能的消弧装置。
- b) 正常运行情况下，自动跟踪补偿消弧装置应确保中性点的长时间电压位移不应超过系统标称相电压的 15%。
- c) 系统发生接地故障时，自动跟踪补偿消弧装置应使故障点的残余电流不超过 10A。必要时可将系统分区运行。自动跟踪补偿消弧装置宜工作在过补偿状态。
- d) 自动跟踪补偿消弧装置消弧部分的容量应根据系统远景年的发展规划确定，并按下式计算：

$$W = 1.35I_c \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

(3.1.2)

式中： W ——自动跟踪补偿消弧装置消弧部分的容量，kVA；

I_c ——接地电容电流，A；

U_n ——系统标称电压，kV。

e) 系统中自动跟踪补偿消弧装置装设地点应符合下列要求：

(a) 应保证系统在任何运行方式下，断开一、二回线路时，大部分不致失去补偿。

(b) 不宜将多套自动跟踪补偿消弧装置集中安装在系统中的一处。

(c) 自动跟踪补偿消弧装置的消弧部分宜接于 YN，d 或 YN，yn，d 接线的变压器中性点上，也可接在 ZN，yn 接线的变压器中性点上。

接于 YN，d 接线的双绕组或 YN，yn,d 接线的三绕组变压器中性点上的消弧部分的容量，不应超过变压器三相总容量的 50%，并不得大于三绕组变压器的任一绕组的容量。

如需将自动跟踪补偿消弧装置消弧部分接于 YN,yn 接线的变压器中性点，其容量不应超过变压器三相总容量的 20%，但不应将自动跟踪补偿消弧装置消弧部分接于零序磁通经铁芯闭路的 YN，yn 接线的变压器，如外铁型变压器或三台单相变压器组成的变压器组。

(d) 如变压器无中性点或中性点未引出，应装设专用接地变压器，其容量应与自动跟踪补偿消弧装置消弧部分的容量相配合。

5 中性点谐振—低电阻接地系统

此种接地系统在接地故障发生后一定时间内具有谐振接地系统的性质，对瞬时性故障的接地电弧可由消弧装置熄灭；当故障持续一定时间，判定为永久接地故障时，通过专门装置将系统中性点切换至低电阻值的电阻器，使系统转换为低电阻接地系统。该接地系统可保证架空配电线路故障点在较高电阻条件下也可正确选线，从而切除故障线路。

3.2 线路、电气设备绝缘上作用的电压

3.2.1 线路、电气设备绝缘上作用的电压，按照作用电压的起因、幅值、波形及持续时间，可分为：

持续运行电压（其值不超过系统最高电压 U_m ，持续时间等于设备设计的运行寿命）；

暂时过电压（包括工频过电压、谐振过电压）；

操作（缓波前）过电压；

雷电（快波前）过电压；

特快速瞬态过电压 VFTO。

各类作用电压的典型波形见附录 A。

3.2.2 相对地暂时过电压和操作过电压标么值的基准电压如下：

1 工频过电压的基准电压是 $U_m / \sqrt{3}$ (1.0p.u.)；

2 谐振过电压和操作过电压的基准电压是 $\sqrt{2}U_m / \sqrt{3}$ (1.0p.u.)。

3.2.3 系统最高电压的范围

1 范围 I , $7.2\text{kV} \leq U_m \leq 252\text{kV}$;

2 范围 II , $252\text{kV} < U_m \leq 800\text{kV}$ 。

4 暂时过电压、操作过电压及限制

4.1 暂时过电压(工频过电压、谐振过电压)及限制

工频过电压、谐振过电压与系统结构、容量、参数、接地方式、运行方式以及各种安全自动装置的特性有关。工频过电压、谐振过电压除增大绝缘承受的电压外,还对选择过电压保护装置有重要影响。

4.1.1 系统中的工频过电压一般由线路空载、接地故障和甩负荷等引起。

对范围 II 的工频过电压,在设计时应结合工程条件加以预测。根据这类系统的特点,有时需综合考虑这几种因素的影响。

预测系统工频过电压的条件:

对单回输电线路通常可取正常输电状态下甩负荷和在线路受端有单相接地故障情况下甩负荷;

对同塔双回输电线路需考虑双回运行和一回停运的工况。在考虑单相接地故障外,双回路同名或异名两相接地故障发生概率较小,可酌情考虑此类接地故障情况下甩负荷的工况。

对工频过电压应采取措施加以降低。一般主要采用在线路上安装并联电抗器的措施限制工频过电压。系统的工频过电压水平一般不宜超过下列数值:

线路断路器的变电站侧	1.3p.u.
线路断路器的线路侧	1.4p.u. (持续时间不大于 0.5s)

4.1.2 范围 I 中的 110kV 和 220kV 系统,工频过电压一般不超过 1.3p.u.;

1 6kV 和 10kV 不接地系统不超过 $1.1\sqrt{3}\text{p.u.}$ 。谐振接地、谐振—低电阻接地和低电阻接地系统不超过 $\sqrt{3}\text{p.u.}$ 。35kV~66kV 系统,不超过 $\sqrt{3}\text{p.u.}$ 。

2 应避免在 110kV 及 220kV 有效接地系统中偶然形成局部不接地系统,并产生较高的工频过电压。

对可能形成这种局部系统,且继电保护装置不能在一定时间内切除 110kV 及 220kV 变压器的低、中压电源时,变压器不接地的中性点应装设间隙。因接地故障形成局部不接地系统时该间隙应动作;系统以有效接地系统运行发生单相接地故障时间隙不应动作。间隙距离的选择除应满足这两项要求外,还应兼顾雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求(参见本规范第 5 章第 3 节第 3 款的第 g) 项)。

当形成局部不接地系统,若继电保护装置设有失地保护可在一定时间内切除 110kV 及 220kV 变压器的低、中压电源时,不接地的中性点可装设无间隙金属氧化物避雷器,但应验算其吸收能量。该避雷器还应符合雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求。

4.1.3 谐振过电压包括线性谐振和非线性(铁磁)谐振过电压,一般因操作或故障引起系统元件参数出现不利组合时产生。应采取防止措施,避免出现谐振过电压的条件;或用保护装置限制其幅值和持

续时间。

1 发电机自励磁过电压

发电机电感参数周期性变化可能引起发电机自励磁(参数谐振)过电压。不发生自励磁的判据为:

$$W_H > Q_c X_d^* \quad (4.1.3)$$

式中: W_H ——发电机额定容量, MVA;

Q_c ——线路充电功率, Mvar;

X_d^* ——发电机等值同步电抗(包括升压变压器, 以发电机容量为基准)标么值。

当发电机容量小于上述值时, 应避免单机带空载长线运行。对可能出现的发电机异步自励磁过电压需用过电压保护装置切线路来保护。

2 范围 II 的系统当空载线路上接有并联电抗器, 且其零序电抗小于线路零序容抗时, 如发生非全相运行状态(分相操动的断路器故障或采用单相重合闸时), 由于线间电容的影响, 断开相上可能发生谐振过电压。

上述条件下由于并联电抗器铁芯的磁饱和特性, 有时在断路器操作产生的过渡过程激发下, 可能发生以工频基波为主的铁磁谐振过电压。

在并联电抗器的中性点与大地之间串接接地电抗器, 一般可有效地防止这种过电压。该接地电抗器的电抗值宜按补偿并联电抗器所接线路的相间电容选择, 同时应考虑以下因素:

- a) 并联电抗器、接地电抗器的电抗的实际值与设计值的偏差;
- b) 限制潜供电流的要求;
- c) 连接接地电抗器的并联电抗器中性点绝缘水平。

3 范围 II 的系统中, 当空载线路(或其上接有空载变压器时)由电源变压器断路器合闸、重合闸或由只带有空载线路的变压器低压侧合闸、带电线路末端的空载变压器合闸以及系统解列等情况下, 如由这些操作引起的过渡过程的激发使变压器铁芯磁饱和、电感作周期性变化, 回路等值电感在 2 倍工频下的电抗与 2 倍工频下线路入口容抗接近相等时, 可能产生以 2 次谐波为主的高次谐波谐振过电压。

应尽量避免产生 2 次谐波谐振的运行方式、操作方式以及防止在故障时出现该种谐振的接线; 确实无法避免时, 可在变电站线路继电保护装置内增设过电压速断保护, 以缩短该过电压的持续时间。

由带电母线对空载变压器合闸若可能出现谐振过电压时, 宜在操作断路器上加装合闸电阻。

4 110kV 及 220kV 系统采用带有均压电容的断路器开断连接有电磁式电压互感器的空载母线, 经验算有可能产生铁磁谐振过电压时, 宜选用电容式电压互感器。已装有电磁式电压互感器时, 运行中应避免可能引起谐振的操作方式, 必要时可装设专门消除此类铁磁谐振的保护装置。

5 由单一电源侧用断路器操作中中性点不接地的变压器出现非全相时, 如变压器的励磁电感与对

地电容产生铁磁谐振，能产生 $2.0p.u \sim 3.0p.u$ 的过电压；有双侧电源的变压器在非全相分合闸时，由于两侧电源的不同步在变压器中性点上可出现接近于 $2.0p.u$ 的过电压，如产生铁磁谐振，则会出现更高的过电压。

经验算如断路器操作中因操动机构故障出现非全相时产生的铁磁谐振过电压可能危及中性点为标准分级绝缘、运行时中性点不接地的 110kV 及 220kV 变压器的中性点绝缘，宜在中性点装设间隙，对该间隙的要求与 4.1.1b) 同。在操作过程中，应先将变压器中性点临时接地。

如继电保护装置设有缺相保护时，110kV 及 220kV 变压器不接地的中性点可装设无间隙金属氧化物避雷器，但应验算其吸收能量。该避雷器还应符合雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求。

6 6kV~66kV 不接地系统或偶然脱离谐振（包括谐振--低电阻）接地系统的部分，当连接有中性点接地的电磁式电压互感器的空载母线(其上带或不带空载短线路)，因合闸充电或在运行时接地故障消除等原因的激发，使电压互感器过饱和则可能产生铁磁谐振过电压。为限制这类过电压，可选取下列措施：

- a) 选用励磁特性饱和点较高的电磁式电压互感器。
- b) 减少同一系统中电压互感器中性点接地的数量，除电源侧电压互感器高压绕组中性点接地外，其它电压互感器中性点尽可能不接地。
- c) 个别情况下，在 10kV 及以下的母线上装设中性点接地的星形接线电容器组或用一段电缆代替架空线路以减少 X_{C0} ，使 $X_{C0} < 0.01X_m$ 。
- d) 在电压互感器的开口三角形绕组装设 $R_{\Delta} \leq (X_m / K_{13}^2)$ 的电阻(K_{13} 为互感器一次绕组与开口三角形绕组的变比， x_m 为电压互感器在线电压作用下单相绕组的励磁电抗)或装设其它专门消除此类铁磁谐振的装置。

e) 在电压互感器高压绕组中性点接入单相电压互感器或消谐装置。

7 6kV~66kV 不接地及谐振（包括谐振--低电阻）接地系统，应采用性能良好的设备并提高运行维护水平，以避免在下述条件下产生铁磁谐振过电压：

- a) 配电变压器高压绕组对地短路；
- b) 输电线路单相断线且一端接地或不接地。

8 谐振（包括谐振--低电阻）接地的较低电压系统，应适当选择自动跟踪补偿消弧装置的脱谐度，以便避开谐振点；非谐振接地的较低电压系统，应采取增大其对地电容等措施(如安装电力电容器等)，以防止零序电压通过电容，如变压器绕组间或两条架空线路间的电容耦合，由较高电压系统传递到中性点不接地的较低电压系统，或由较低电压系统传递到较高电压系统，或回路参数形成串联谐振条件，产生高幅值的转移过电压。

4.1.4 具有一般暂时过电压的各种系统无间隙金属氧化物避雷器（MOA）的持续运行电压和额定电压不应低于表 4.1.4 所列数值。

表 4.1.4 MOA 持续运行电压和额定电压

系统接地系统			持续运行电压 kV		额定电压 kV	
			相地	中性点	相地	中性点
有效接地	110kV		$U_m / \sqrt{3}$	$0.27 U_m$	$0.75 U_m$	$0.35 U_m$
	220kV		$U_m / \sqrt{3}$	$0.10 U_m$ ($0.27 U_m$)	$0.75 U_m$	$0.12 U_m$ ($0.35 U_m$)
	330kV~750kV		$U_m / \sqrt{3}$	$0.10 U_m$	$0.75 U_m$	$0.12 U_m$
非有效接地	不接地	6kV~20kV	$1.10 U_m$	$0.64 U_m$	$1.38 U_m$	$0.8 U_m$
		35kV、66kV	U_m	$U_m / \sqrt{3}$	$1.25 U_m$	$0.72 U_m$
	谐振接地		U_m	$U_m / \sqrt{3}$	$1.25 U_m$	$0.72 U_m$
	低电阻		$0.8 U_m$	$0.46 U_m$	U_m	$U_m / \sqrt{3}$
	高电阻		U_m	$U_m / \sqrt{3}$	$1.25 U_m$	$0.72 U_m$
注：1 有教接地系统 $U_T=0.75U_m$ ；非有效接地系统 $U_T=U_m$ ；不接地系统(6~20kV) $U_T=1.1U_m$ 。 U_T 为系统的暂时过电压						
2 220kV 括号外、内数据分别对应变压器中性点经接地电抗器接地和不接地。						
3 220kV 变压器中性点经接地电抗器接地和 330kV~750kV 变压器或高压并联电抗器中性点经接地电抗器接地时，接地电抗器的电抗与变压器或高压并联电抗器的零序电抗之比小于等于 $1/3$ 。						
4 110kV、220kV 变压器中性点不接地且绝缘水平低于表 6.4.6-3 所列数值时，MOA 的参数需另行研究确定。						
5 对于发电机 U_m 为其最高运行电压。						

MOA 所在系统的暂时过电压异于表 4.1.4 的注 1 时，其额定电压 U_R 应按式 (4.1.4) 确定。相应的 MOA 的持续运行电压按适当的荷电率选定。

有效接地和低电阻接地系统,接地故障清除时间 $\leq 10s$

$$U_R \geq U_T \tag{4.1.4-1}$$

非有效接地系统,接地故障清除时间 $\geq 10s$

$$U_R \geq 1.25U_T \tag{4.1.4-2}$$

4.2 操作过电压及保护

4.2.1 空载线路合闸及单相重合闸过电压

空载线路合闸及单相重合闸过电压，一般情况下可能是线路操作过电压绝缘设计的控制因素。应按工程条件对范围Ⅱ线路的该过电压进行预测。预测内容包括线路各处过电压幅值概率分布、统计过电压、变异系数和过电压波头长度等。

1 范围Ⅱ空载线路合闸、单相重合闸会产生操作过电压预测条件

预测线路合闸操作过电压时的合闸侧电压的条件：

a) 由孤立电源合闸空载线路，线路合闸后的沿线电压不应超过系统最高电压；

b) 由与系统相连的变电站合闸空载线路，线路合闸前的变电站母线电压为相应运行方式下的母线实际电压，线路合闸后，沿线电压不宜超过系统最高电压。

对于同塔双回线路，主要考虑单回线路的单相接地故障后的单相重合闸过电压。双回同名相或异名相接地故障情况下的分相重合闸过电压可能高于单回单相接地故障后的单相重合闸过电压，但出现的概率较低。

2 范围Ⅱ空载线路合闸和重合闸过电压的控制值

线路合闸和重合闸过电压线路上产生的相对地统计过电压，对 330kV、500kV 和 750kV 系统分别不宜大于 2.2p.u.、2.0p.u.和 1.8p.u.。

3 范围Ⅱ空载线路合闸、单相重合闸主要限制措施

限制线路合闸和单相重合闸过电压的主要措施，一是断路器采用合闸电阻；二是装设金属氧化物避雷器。也可使用选相合闸等措施。

对范围Ⅱ的 330kV 和 500kV 线路，宜按工程条件通过校验确定仅用金属氧化物避雷器限制合闸和重合闸过电压的可行性。

以下两项条件可作为仅用安装于线路两端的金属氧化物避雷器(MOA)将这类线路相对地统计过电压限制到不超过要求值的参考：

a) 发电机—变压器—线路单元接线时见表 4.2.1。

表 4.2.1 仅用 MOA 限制合闸、重合闸过电压的参考条件

系统标称电压 kV	发电机容量 MW	线路长度 km	系统标称电压 kV	发电机容量 MW	线路长度 km
330	200	<100	500	200	<100
	300	<200		300	<150
				≥500	<200

b) 系统中变电站出线时的参考条件：

330kV <200km

500kV <200km

为限制此类过电压，必要时也可在线路上适当位置安装金属氧化物避雷器。

4 范围 I 的线路合闸和重合闸过电压一般不超过 3.0p.u., 除要求深度降低操作过电压外通常无需采取限制措施。

4.2.2 单相接地故障过电压

线路单相接地故障时在健全相上出现的过电压, 接地故障过电压的大小和线路长度、故障点的位置等因素有关。一般不会成为线路操作过电压绝缘设计的控制因素。

4.2.3 故障清除过电压

1 故障线路健全相过电压

线路单相接地, 故障相两侧线路断路器分闸后, 在故障线路健全相上产生的过电压, 其幅值较低。

2 相邻线路过电压

线路故障接地, 故障相两侧线路断路器分闸后, 在故障线路的直接相邻或间接相邻线路上产生的过电压。

随着接地故障相数的增加该过电压幅值呈升高的趋势。宜采用单相接地故障的条件加以预测并作为工程的设计条件。对于出现概率很小的两相短路、两相或三相接地故障, 可根据预测结果酌情采取相应限制措施。

3 单相接地三相分闸过电压

带电作业时, 单相重合闸退出, 单相接地引起三相分闸。单相接地故障, 单相重合闸不成功也会引起三相分闸。

单相接地三相分闸时, 可能在故障线路的健全相或相邻线路上产生较高的过电压。

4 故障清除过电压限制措施

对于线路上较高的故障清除过电压, 可在线路中部装设金属氧化物避雷器或在断路器上安装分闸电阻予以限制。此外也可采用继电保护的措施进行限制。

4.2.4 无故障甩负荷过电压

无故障甩负荷过电压与线路长度、线路无功补偿情况及线路潮流等有关, 一般采用金属氧化物避雷器限制。

4.2.5 振荡解列过电压

在系统振荡状态下载列, 将产生振荡解列过电压。

应对可能出现的振荡解列操作下的过电压进行预测。预测该过电压时, 线路送受端电势功角差宜按系统可能出现的严重工况选取。

应当注意校核线路两端的金属氧化物避雷器的吸收能量。

4.2.6 投切空载变压器操作过电压

投切空载变压器产生的操作过电压, 一般可采用金属氧化物避雷器限制。

4.2.7 空载线路分闸过电压

空载线路开断时，如断路器发生重击穿，将产生操作过电压。

1 对范围 I，110kV 及 220kV 开断架空线路该过电压不超过 3.0p.u.；开断电缆线路可能超过 3.0p.u.。

为此，开断空载架空线路宜采用重击穿概率极低的断路器；开断电缆线路应采用重击穿概率极低的断路器。

2 对范围 I，66kV 及以下不接地系统或谐振接地系统中，开断空载线路断路器发生重击穿时的过电压一般不超过 3.5p.u.。开断前系统已有单相接地故障，使用一般断路器操作时产生的过电压可能超过 4.0p.u.。为此，应采用重击穿概率极低的断路器。

6kV~35kV 的低电阻接地系统，开断空载线路断路器发生重击穿时的过电压可能达到 3.5p.u.。为此，应采用重击穿概率极低的断路器。

4.2.8 6kV~66kV 开断并联电容器组过电压

开断并联电容补偿装置，若断路器发生单相重击穿时，电容器组对地过电压可能超过 4.0p.u.。开断前电源侧有单相接地故障时，该过电压将更高。开断时如发生两相重击穿，电容器组极间过电压可能超过 $2.5\sqrt{2}U_{nC}$ (U_{nC} 为电容器组的额定电压)。

投切并联电容补偿装置，应采用重击穿概率极低的断路器。为安全起见，仍宜按图 4.2.8 布置方式装设金属氧化物避雷器以限制单相重击穿过电压。一般可不考虑断路器发生两相重击穿

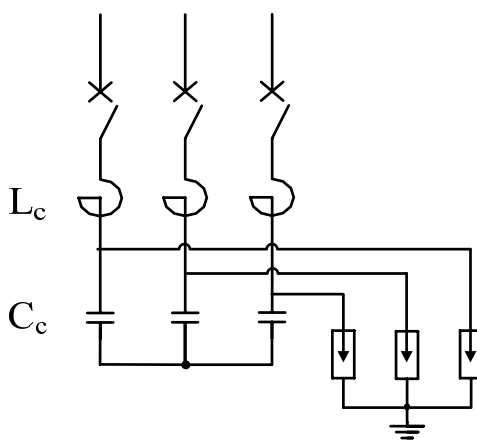


图 4.2.8 并联电容补偿装置的避雷器保护接线

4.2.9 开断并联电抗器过电压

开断并联电抗器时，应采用金属氧化物避雷器限制断路器强制熄弧(截流)产生的过电压。

4.2.10 开断高压感应电动机时，因断路器的截流、三相同步开断和高频重复重击穿等会产生过电压(后两种仅出现于真空断路器开断时)。过电压幅值与断路器熄弧性能、电动机和回路元件参数等有关。开断空载电动机的过电压一般不超过 2.5p.u.。开断起动过程中的电动机时，截流过电压和三相同步开断过电压可能超过 4.0p.u.，高频重复重击穿过电压可能超过 5.0p.u.。采用真空断路器或采用的少油断路器截流值较高时，宜在断路器与电动机之间装设旋转电机金属氧化物避雷器或 R-C 阻容吸收

装置。

高压感应电动机合闸的操作过电压一般不超过 2.0p.u., 可不采取保护措施。

4.2.11 VFTO

GIS 和 HGIS 隔离开关开合管线, 可产生 VFTO。VFTO 的特点是波前时间很短 ($<0.1\mu\text{s}$); 波前之后的振荡频率很高 ($>1\text{MHz}$); 幅值很高 (最大值可达 2.5~3.0p.u.)。

VFTO 可能损害 GIS、HGIS、变压器和电磁式电压互感器绝缘, 也可能损害二次设备或对二次电路产生电磁骚扰。

变压器与 GIS 经过架空线相连时, 在变压器上的 VFTO 幅值不高, 波前时间变缓至雷电过电压波前时间范围内。变压器与 GIS 之间通过油气套管相连时, 在变压器上的 VFTO 较严重, 可能损害变压器匝间绝缘。

应对相关操作方式下的 VFTO 加以预测, 必要时隔离开关宜加装投切电阻, 或避免可能引起危险的操作方式。

4.2.12 66kV 及以下不接地系统发生单相间歇性电弧接地故障时, 可产生过电压。一般情况下最大过电压不超过 3.5p.u.。

具有限流电抗器、电动机负荷, 且设备参数配合不利的 6kV 和 10kV 某些不接地系统, 发生单相间歇性电弧接地故障时, 可能产生危及设备相间或相对地绝缘的过电压。对这种系统根据负荷性质和工程的重要程度, 可进行必要的过电压预测, 以确定保护方案。

4.2.13 为监测范围 II 系统运行中出现的暂时过电压和操作过电压, 宜在变电站安装过电压波形或幅值的自动记录装置, 并妥为收集实测结果。

5 雷电过电压及保护

雷电过电压包括线路雷电绕击、反击过电压和变电站直击、雷电侵入波过电压。

输电线路和变电站的防雷设计, 应结合当地已有线路和变电站的运行经验、地区雷电活动强度、地闪密度、地形地貌及土壤电阻率等因素, 通过计算分析和技术经济比较, 采用差异化的防雷保护措施。

5.1 避雷针和避雷线

5.1.1 单支避雷针的保护范围(图 5.1.1)

1 避雷针在地面上的保护半径, 应按下式计算:

$$r=1.5hP \quad (5.1.1-1)$$

式中: r ——保护半径, m;

h ——避雷针的高度, m。当 $h>120\text{m}$ 时, 取其等于 120m;

P ——高度影响系数, $h\leq 30\text{m}$, $P=1$; $30\text{m}<h\leq 120\text{m}$, $P=5.5/\sqrt{h}$; 当 $h>120\text{m}$ 时, $P=0.5$ 。

2 在被保护物高度 h_x 水平面上的保护半径应按下列方法确定:

a) 当 $h_x\geq 0.5h$ 时

$$r_x = (h - h_x)P = h_a P \quad (5.1.1-2)$$

式中: r_x ——避雷针在 h_x 水平面上的保护半径, m;

h_x ——被保护物的高度, m;

h_a ——避雷针的有效高度, m。

b) 当 $h_x < 0.5h$ 时

$$r_x = (1.5h - 2h_x)P \quad (5.1.1-3)$$

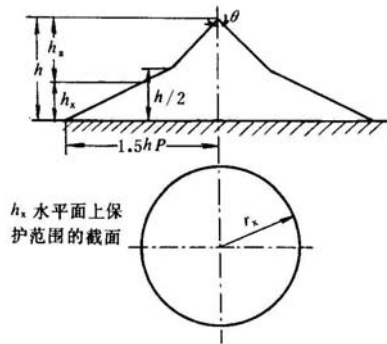


图 5.1.1 单支避雷针的保护范围

($h \leq 30\text{m}$ 时, $\theta = 45^\circ$)

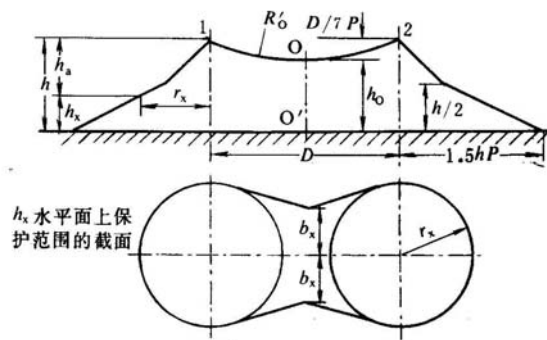


图 5.1.2-1 高度为 h 的两等高避雷针的保护范围

5.1.2 两支等高避雷针的保护范围(图 5.1.2-1)

1 两针外侧的保护范围应按单支避雷针的计算方法确定。

2 两针间的保护范围应按通过两针顶点及保护范围上部边缘最低点 O 的圆弧确定, 圆弧的半径为 R'_0 。O 点为假想避雷针的顶点, 其高度应按式计算:

$$h_0 = h - \frac{D}{7P} \quad (5.1.2)$$

式中: h_0 ——两针间保护范围上部边缘最低点高度, m;

D ——两避雷针间的距离, m。

两针间 h_x 水平面上保护范围的一侧最小宽度应按图 5.2.2-2 确定。当 $b_x > r_x$ 时, 取 $b_x = r_x$ 。

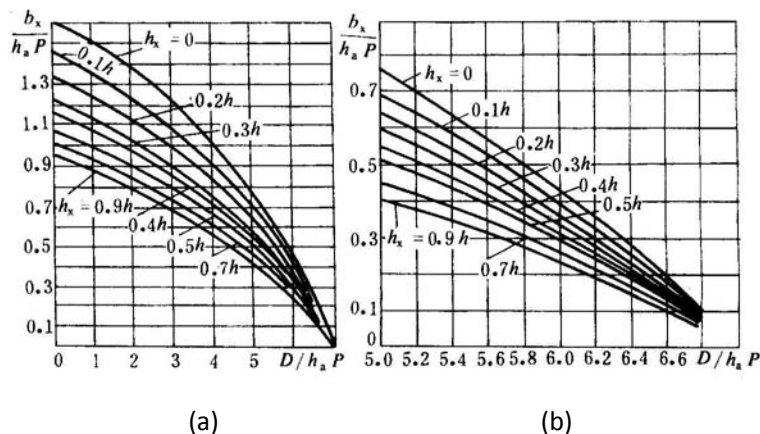
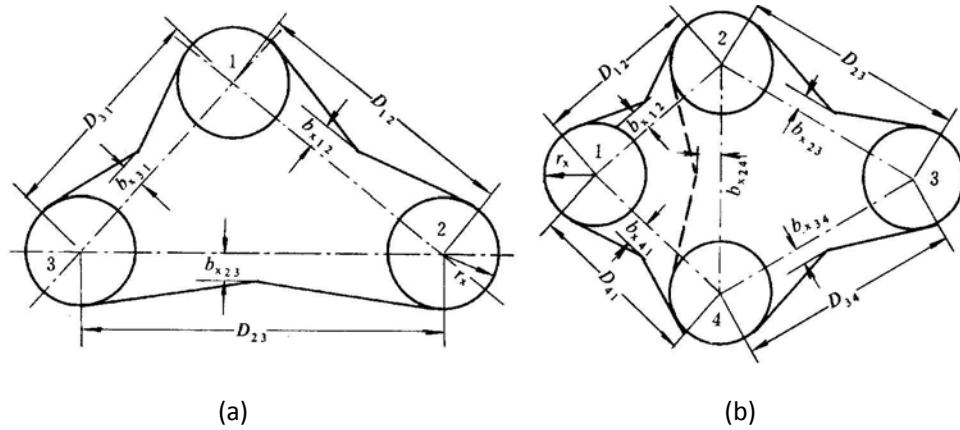


图 5.1.2-2 两等高(h)避雷针间保护范围的一侧最小宽度(b_x)与 $D/h_a P$ 的关系(a) $D/h_a P=0\sim 7$; (b) $D/h_a P=5\sim 7$

求得 b_x 后, 可按图 5.2.2-1 绘出两针间的保护范围。

两针间距离与针高之比 D/h 不宜大于 5。

5.1.3 多支等高避雷针的保护范围(图 5.1.3)

图 5.1.3 三、四支等高避雷针在 h_x 水平面上的保护范围

(a) 三支等高避雷针在 h_x 水平面上的保护范围;

(b) 四支等高避雷针在 h_x 水平面上的保护范围

1 三支等高避雷针所形成的三角形的外侧保护范围应分别按两支等高避雷针的计算方法确定。如在三角形内被保护物最大高度 h_x 水平面上, 各相邻避雷针间保护范围的一侧最小宽度 $b_x \geq 0$ 时, 则全部面积受到保护。

2 四支及以上等高避雷针所形成的四角形或多角形, 可先将其分成两个或数个三角形, 然后分别按三支等高避雷针的方法计算。如各边的保护范围一侧最小宽度 $b_x \geq 0$, 则全部面积即受到保护。

5.1.4 单根避雷线在 h_x 水平面上每侧保护范围的宽度(图 5.1.4-1)

1 当 $h_x \geq \frac{h}{2}$ 时,

$$r_x = 0.47(h - h_x)P \quad (5.1.4-1)$$

式中: r_x ——每侧保护范围的宽度, m。

2 当 $h_x < \frac{h}{2}$ 时,

$$r_x = (h - 1.53h_x)P \quad (5.1.4-2)$$

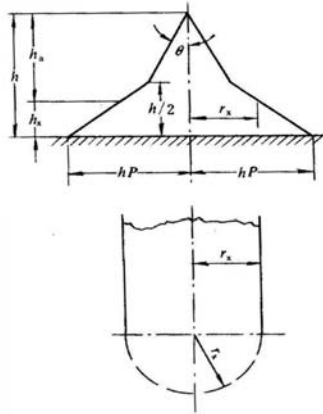


图 5.1.4-1 单根避雷线的保护范围

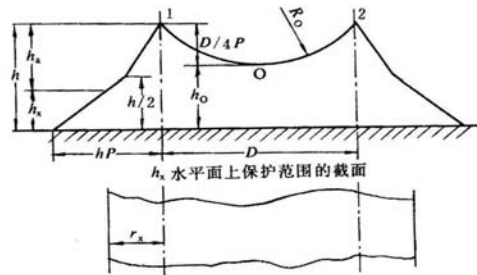


图 5.1.4-2 平行避雷线的保护范围

($h \leq 30\text{m}$ 时, $\theta = 25^\circ$)

5.1.5 两根等高平行避雷线的保护范围(图 5.1.4-2)

- 1 两避雷线外侧的保护范围应按单根避雷线的计算方法确定。
- 2 两避雷线间各横截面的保护范围应由通过两避雷线 1、2 点及保护范围边缘最低点 O 的圆弧确定。O 点的高度应按式计算：

$$h_0 = h - \frac{D}{4P} \quad (5.1.5-1)$$

式中： h_0 ——两避雷线间保护范围上部边缘最低点的高度，m；

D ——两避雷线间的距离，m；

h ——避雷线的高度，m。

- 3 两避雷线端部的两侧保护范围仍按单根避雷线保护范围计算。两线间保护最小宽度(参见图 5.2.2)按下列方法确定：

a) 当 $h_x \geq \frac{h}{2}$ 时，

$$b_x = 0.47(h_0 - h_x)P \quad (5.1.5-2)$$

b) 当 $h_x < \frac{h}{2}$ 时，

$$b_x = (h_0 - 1.53h_x)P \quad (5.1.5-3)$$

5.1.6 不等高避雷针、避雷线的保护范围(图 5.1.6)

- 1 两支不等高避雷针外侧的保护范围应分别按单支避雷针的计算方法确定。
- 2 两支不等高避雷针间的保护范围应按单支避雷针的计算方法，先确定较高避雷针 1 的保护范围，然后由较低避雷针 2 的顶点，作水平线与避雷针 1 的保护范围相交于点 3，取点 3 避雷针的计算方法确定避雷针 2 和 3 间的保护范围。通过避雷针 2、3 顶点及保护范围

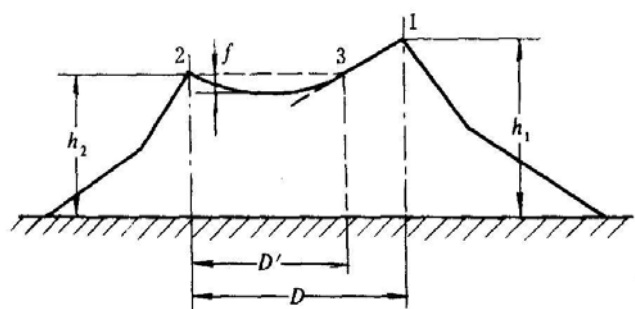


图 5.1.6 两支不等高避雷针的保护范围

上部边缘最低点的圆弧，其弓高应按下式计算：

$$f = \frac{D'}{7P} \quad (5.1.6)$$

式中：f——圆弧的弓高，m；

D' ——避雷针 2 和等效避雷针 3 间的距离，m。

3 对多支不等高避雷针所形成的多角形，各相邻两避雷针的外侧保护范围按两支不等高避雷针的计算方法确定；三支不等高避雷针，如在三角形内被保护物最大高度 h_x 水平面上，各相邻避雷针间保护范围一侧最小宽度 $b_x \geq 0$ ，则全部面积即受到保护；四支及以上不等高避雷针所形成的多角形，其内侧保护范围可仿照等高避雷针的方法确定。

4 两根不等高避雷线各横截面的保护范围，应仿照两支不等高避雷针的方法，按式 (5.1.5-1) 计算。

5.1.7 山地和坡地上的避雷针，由于地形、地质、气象及雷电活动的复杂性，避雷针的保护范围应有所减小。避雷针的保护范围可按式(5.1.1-1)~式(5.1.1-3)的计算结果和依图 5.1.2-2 确定的 b_x 等乘以

系数 0.75 求得；式(5.1.2)可修改为 $h_0 = h - \frac{D}{5P}$ ；式(13)可修改为 $f = \frac{D'}{5P}$ 。 琰

利用山势设立的远离被保护物的避雷针不得作为主要保护装置。

5.1.8 相互靠近的避雷针和避雷线的联合保护范围可近似按下列方法确定(图 5.1.8)

避雷针、线外侧保护范围分别按单针、线的保护范围确定。内侧首先将不等高针、线划为等高针、线，然后将等高针、线视为等高避雷线计算其保护范围。

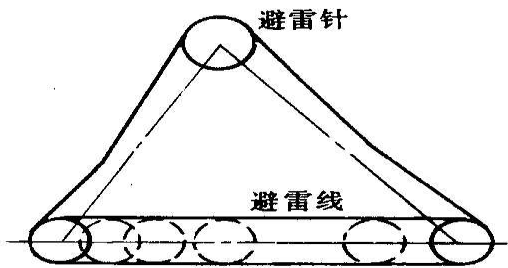


图 5.1.8 避雷针和避雷线的联合保护范围

5.2 高压架空输电线路的雷电过电压保护

5.2.1 一般线路的保护

1 输电线路的雷电过电压保护方案，应根据运行方式、当地原有线路的运行经验、线路路径的雷电活动情况、地闪密度、地形地貌和土壤电阻率等条件通过经济技术比较加以确定。

2 220kV~750kV 线路应沿全线架设双地线，但少雷区除外。

110kV 线路一般沿全线架设地线，在山区和雷电活动特殊强烈地区，宜架设双地线。在少雷区可不沿全线架设地线，但应装设自动重合闸装置。

35kV 及以下线路，一般不沿全线架设地线。

3 除少雷区外，6kV、10kV 钢筋混凝土杆配电线路，宜采用瓷或其他绝缘材料的横担；如用铁横担，对供电可靠性要求高的线路宜采用高一电压等级的绝缘子，并应尽量以较短的时间切除故障，以减少雷击跳闸和断线事故。

4 杆塔上地线对边导线的保护角，对于 220kV ~750kV 同塔双回线路直线塔的保护角不应大于 0° ，对于雷电活动强烈地区的山区线路的各别线段也可采用负保护角；110kV 线路不大于 10° ，钢管杆不大于 20° 。对于 500~750kV 单回路线路，地线对导线的保护角不应大于 10° ；330kV 及以下的其他线路（含钢管塔）宜小于 15° ；单地线路宜小于 25° 。对中重冰区线路的保护角可适当加大。

杆塔上两根地线间的距离不应超过导线与地线间垂直距离的 5 倍。

5 有地线的线路，其耐雷水平不宜低于表 5.2.1-1 所列数值。

表 5.2.1-1 有地线线路的耐雷水平 kA

标称电压	35	66	110	220	330	500	750
单回	24~36	31~47	56~68	87~96	120~151	158~177	208~232
同塔双回	--	--	50~61	79~92	108~137	142~162	192~224

注：反击耐雷水平的较高/较低值对应线路杆塔冲击接地电阻 7 Ω 和 15 Ω ；

雷击时刻工作电压为峰值且与雷击电流反极性；发电厂、变电站进线

保护段杆塔耐雷水平不宜低于表中的较高数值。

6 有地线的线路，每基杆塔不连地线的工频接地电阻，在雷季干燥时，不宜超过表 5.2.1-2 所列数值。

表 5.2.1-2 有地线的线路杆塔的工频接地电阻

土壤电阻率 $\Omega\cdot\text{m}$	≤ 100	$> 100 \sim 500$	$> 500 \sim 1000$	$> 1000 \sim 2000$	> 2000
接地电阻 Ω	10	15	20	25	30
注：如土壤电阻率超过 2000 $\Omega\cdot\text{m}$ ，接地电阻很难降低到 30 Ω 时，可采用 6~8 根总长不超过 500m 的放射形，接地体，或采用连续伸长接地体，接地电阻不受限制。					

雷电活动强烈的地方和经常发生雷击故障的杆塔和线段，应选择架设地线、改善接地装置、适当加强绝缘、架设耦合地线、安装绝缘子并联间隙或线路防雷用避雷器等。

7 有地线的线路应防止雷击档距中央地线反击导线。

a) 范围 I 的输电线路，15℃无风时档距中央导线与地线间的最小距离宜满足下式要求：

$$S_1 = 0.012l + 1 \quad (5.2.1-1)$$

式中： S_1 ——导线与地线间的距离，m；

l ——档距长度，m。

b) 范围 II 的输电线路，15℃无风时档距中央导线与地线间的最小距离宜满足下式要求：

$$S_1 = 0.015l + 1 \quad (5.2.1-2)$$

8 钢筋混凝土杆铁横担和钢筋混凝土横担线路的地线支架、导线横担与绝缘子固定部分或瓷横担固定部分之间，宜有可靠的电气连接并与接地引下线相连。主杆非预应力钢筋如上下已用绑扎或焊接连成电气通路，则可兼作接地引下线。

利用钢筋兼作接地引下线的钢筋混凝土电杆，其钢筋与接地螺母、铁横担间应有可靠的电气连接。

9 中雷区及以上地区 35kV 及 66kV 无线路宜采取措施，减少雷击引起的多相短路和两相异点接地引起的断线事故，钢筋混凝土杆和铁塔宜接地，接地电阻不受限制，但多雷区不宜超过 30Ω 。钢筋混凝土杆和铁塔应充分利用其自然接地作用，在土壤电阻率不超过 $100\Omega\cdot\text{m}$ 或有运行经验的地区，可不另设人工接地装置。

10 两端与架空线路相连接的长度超过 50m 的电缆，应在其两端装设 MOA；长度不超过 50m 的电缆，只在一端装设即可。

11 绝缘地线放电间隙的型式和间隙距离，应根据线路正常运行时地线上的感应电压、间隙动作后续流熄弧和继电保护的動作条件等确定。

5.2.2 线路交叉部分的保护

1 同级电压线路相互交叉或与较低电压线路、通信线路交叉时，两交叉线路导线间或上方线路导线与下方线路地线间的垂直距离，当导线运行温度为 40℃（当导线按允许温度 80℃ 设计，导线运行温度取 50℃）时，不得小于表 5.2.2 所列数值。对按允许载流量计算导线截面的线路，还应校验当导线为最高允许温度时的交叉距离，此距离应大于表 6.2.4-1 和表 6.2.4-2 所列操作过电压间隙的距离，且不得小于 0.8m。

表 5.2.2 同级电压线路相互交叉或与较低电压线路通信线路交叉时的交叉距离

系统标称电压 kV	6、10	20~110	220	330	500	750
交叉距离 m	2	3	4	5	6 (8.5)	7 (12)

注：括号内为至输电线路杆顶或至通信线路之交叉距离。

2 6kV 及以上的同级电压线路相互交叉或与较低电压线路、通信线路交叉时，交叉档一般采取下列保护措施：

a) 交叉档两端的钢筋混凝土杆或铁塔(上、下方线路共 4 基)，不论有无地线，均应接地。b) 如交叉距离比表 5.2.2 所列数值大 2m 及以上，则交叉档可不采取保护措施。

3 如交叉点至最近杆塔的距离不超过 40m，可不在此线路交叉档的另一杆塔上装设交叉保护用的接地装置。

5.2.3 大跨越档的雷电过电压保护

1 范围 I 架空线路大跨越档的雷电过电压保护

a) 全高超过 40m 有地线的杆塔，每增高 10m，应增加一个绝缘子，地线对边导线的保护角应符合 5.2.1 c) 的规定。接地电阻不应超过表 5.2.1-2 所列数值的 50%，当土壤电阻率大于 $2000\Omega\cdot\text{m}$ 时，不宜超过 20Ω 。全高超过 100m 的杆塔，绝缘子数量应结合运行经验，通过雷电过电压的计算确定。

b) 未沿全线架设地线的 35kV 新建线路中的大跨越段，宜架设地线或安装线路防需用避雷器，并应比一般线路增加一个绝缘子。

c) 根据雷击档距中央地线时防止反击的条件，大跨越档导线与地线间的距离不得小于表 5.2.3 的要求。

表 5.2.3 防止反击要求的大跨越档导线与地线间的距离

系统标称电压 kV	35	66	110	220
距离 m	3.0	6.0	7.5	11.0

2 范围 II 架空线路大跨越档的雷电过电压保护

a) 大跨越档在雷电过电压下安全运行年数不宜低于 30 年。

b) 大跨越线路随杆塔高度增加宜适当增加杆塔的绝缘水平。需重点考虑导线对杆塔的空气间隙距离，并根据雷电过电压计算确定。绝缘子串的长度应根据雷电过电压计算进行校核。

c) 根据雷击档距中央地线时控制反击的条件，大跨越档距中央导线与地线间的距离应通过雷电过电压的计算确定。

d) 大跨越杆塔的地线保护角不宜大于一般线路的保护角。

e) 必要时可安装线路避雷器，以提高安全水平和降低综合造价。

5.2.4 多雷地区同塔双回 110kV 和 220kV 线路，可在具有正常绝缘的一回线路上适当增加绝缘以形成不平衡绝缘，从而减少雷击引起双回线路同时闪络跳闸的概率。

5.2.5 采用绝缘子并联间隙

1 绝缘子并联间隙在线路雷击时可先行闪络有效的防止绝缘子的损坏和减少运行维护工作量。

2 安装绝缘子并联间隙的要求

a) 绝缘子并联间隙与被保护的绝缘子的雷电放电电压之间的配合应作到雷电过电压作用时并

联间隙可靠动作，同时又不宜过分降低线路绕击闪络或反击耐雷电水平。

b) 绝缘子并联间隙应在冲击放电后有效的导引工频短路电流电弧离开绝缘子本体，以免使其灼伤。

c) 绝缘子并联间隙的安装应牢固、本体有一定的耐电弧和防腐蚀能力。

5.2.6 采用线路防雷用避雷器

1 安装线路避雷器是防止线路绝缘雷击闪络的有效措施，宜根据技术-经济原则因地制宜的制定实施方案。

2 线路避雷器宜在下列地点安装：

多雷地区发电厂、变电站进线段且接地电阻较大的杆塔；

山区线路易击段杆塔和易击杆；

山区线路杆塔接地电阻过大、易发生闪络且改善接地电阻困难也不经济的杆塔；

大跨越的高杆塔；

多雷区同塔双回路线路易击段的杆塔。

3 线路避雷器在杆塔上的安装方式：

110、220kV 单回线路必要时宜在 3 相绝缘子串旁安装；

330~750kV 单回线路可在两边相绝缘子串旁安装；

同塔双回线路宜在一回路线路绝缘子串旁安装。

5.3 发电厂和变电站的雷电过电压保护

5.3.1 发电厂和变电站的直击雷过电压保护

1 发电厂和变电站的直击雷过电压保护可采用避雷针或避雷线，其保护范围按本规范第 5 章第 2 节确定。对于范围 II，变电站的直击雷过电压保护，宜用电气几何模型法或滚球法进行核算。下列设施应设直击雷保护装置：

a) 屋外配电装置，包括组合导线和母线廊道；

b) 火力发电厂的烟囱、冷却塔和输煤系统的高建筑物；

c) 油处理室、燃油泵房、露天油罐及其架空管道、装卸油台、易燃材料仓库等建筑物；

d) 乙炔发生站、制氢站、露天氢气罐、氢气罐储存室、天然气调压站、天然气架空管道及其露天贮罐；

e) 多雷区的列车电站。

2 发电厂的主厂房、主控制室和配电装置室一般不装设直击雷保护装置。为保护其他设备而装设的避雷针，不宜装在独立的主控制室和 35kV 及以下变电站的屋顶上。但采用钢结构或钢筋混凝土结构等有屏蔽作用的建筑物的车间变电站可不受此限制。

雷电活动强烈地区的主厂房、主控制室、变电站控制室和配电装置室宜有直击雷保护。

主厂房如装设避直击雷保护装置或为保护其他设备而在主厂房上装设避雷针，应采取加强分流、

设备的接地点尽量远离避雷针接地引下线的入地点、避雷针接地引下线尽量远离电气设备等防止反击的措施，并宜在靠近避雷针的发电机出口处装设一组旋转电机金属氧化锌避雷器。

主控制室、配电装置室和 35kV 及以下变电站的屋顶上如装设直击雷保护装置时，若为金属屋顶或屋顶上有金属结构，则将金属部分接地；若屋顶为钢筋混凝土结构，则将其焊接成网接地；若结构为非导电的屋顶时，则采用避雷带保护，该避雷带的网格为 8m~10m，每隔 10m~20m 设接地引下线。

上述接地引下线应与主接地网连接，并在连接处加装集中接地装置。

峡谷地区的发电厂和变电站宜用避雷线保护。

已在相邻高建筑物保护范围内的建筑物或设备，可不装设直击雷保护装置。

屋顶上的设备金属外壳、电缆金属外皮和建筑物金属构件均应接地。

3 露天布置的 GIS 的外壳不需装设直击雷保护装置，但应接地。

4 发电厂和变电站有爆炸危险且爆炸后可能波及发电厂和变电站内主设备或严重影响发供电的建构筑物(如制氢站、露天氢气贮罐、氢气罐储存室、易燃油泵房、露天易燃油贮罐、厂区内的架空易燃油管道、装卸油台和天然气管道以及露天天然气贮罐等)，应用独立避雷针保护，并应采取防止雷电感应的措施。

避雷针与易燃油贮罐和氢气天然气等罐体及其呼吸阀等之间的空气中距离，避雷针及其接地装置与罐体、罐体的接地装置和地下管道的地中距离应符合本规范第 5.3.1 条第 11 款第 a 项及第 b 项的要求。避雷针与呼吸阀的水平距离应不小于 3m，避雷针尖高出呼吸阀应不小于 3m。避雷针的保护范围边缘高出呼吸阀顶部应不小于 2m。避雷针的接地电阻不宜超过 10Ω。在高土壤电阻率地区，如接地电阻难于降到 10Ω，允许采用较高的电阻值，但空气中距离和地中距离必须符合本规范第 5.3.1 条第 11 款第 a 项的要求。避雷针与 5000m³ 以上贮罐呼吸阀的水平距离应不小于 5m，避雷针尖高出呼吸阀应不小于 5m。

露天贮罐周围应设闭合环形接地体，接地电阻不应超过 30Ω(无独立避雷针保护的露天贮罐不应超过 10Ω)，接地点应不小于两处，接地点间距不应大于 30m。架空管道每隔 20m~25m 应接地一次，接地电阻不应超过 30Ω。易燃油贮罐的呼吸阀、易燃油和天然气贮罐的热工测量装置应进行重复接地，即与贮罐的接地体用金属线相连。不能保持良好电气接触的阀门、法兰、弯头等管道连接处应跨接。

5 本规范第 5.3.1 条中所述设施上的直击雷保护装置包括兼作接闪器的设备金属外壳、电缆金属外皮、建筑物金属构件等，其接地可利用发电厂或变电站的主接地网，但应在直击雷保护装置附近装设集中接地装置。

6 独立避雷针(线)宜设独立的接地装置。在非高土壤电阻率地区，其接地电阻不宜超过 10Ω。当有困难时，该接地装置可与主接地网连接，但避雷针与主接地网的地下连接点至 35kV 及以下设备与主接地网的地下连接点之间，沿接地极的长度不得小于 15m。

独立避雷针不应设在人经常通行的地方，避雷针及其接地装置与道路或出入口等的距离不宜小于 3m，否则应采取均压措施，或铺设砾石或沥青地面。

7 110kV 及以上的配电装置，一般将避雷针装在配电装置的架构或房顶上，但在土壤电阻率大于 $1000\Omega\cdot\text{m}$ 的地区，宜装设独立避雷针。否则，应通过验算，采取降低接地电阻或加强绝缘等措施。

66kV 的配电装置，允许将避雷针装在配电装置的架构或房顶上，但在土壤电阻率大于 $500\Omega\cdot\text{m}$ 的地区，宜装设独立避雷针。

35kV 及以下高压配电装置架构或房顶不宜装避雷针。

装在架构上的避雷针应与接地网连接，并应在其附近装设集中接地装置。装有避雷针的架构上，接地部分与带电部分间的空气中距离不得小于绝缘子串的长度；但在空气污秽地区，如有困难，空气中距离可按非污秽区标准绝缘子串的长度确定。

除水力发电厂外，装设在架构(不包括变压器门型架构)上的避雷针与主接地网的地下连接点至变压器接避雷线与主接地网的地下连接点之间，沿接地体的长度不得小于 15m。

8 除水力发电厂外，在变压器门型架构上和离变压器主接避雷线小于 15m 的配电装置的架构上，当土壤电阻率大于 $350\Omega\cdot\text{m}$ 时，不允许装设避雷针、避雷线；如不大于 $350\Omega\cdot\text{m}$ ，则应根据方案比较确有经济效益，经过计算采取相应的防止反击措施，并至少遵守下列规定，方可在变压器门型架构上装设避雷针、避雷线：

a) 装在变压器门型架构上的避雷针应与接地网连接，并应沿不同方向引出 3 根~4 根放射形水平接地体，在每根水平接地体上离避雷针架构 3m~5m 处装设一根垂直接地体；

b) 直接在 3kV~35kV 变压器的所有绕组出线上或在离变压器电气距离不大于 5m 条件下装设金属氧化物避雷器。

高压侧电压 35kV 变电站，在变压器门型架构上装设避雷针时，变电站接地电阻不应超过 4Ω (不包括架构基础的接地电阻)。

9 110kV 及以上配电装置，可将线路的避雷线引接到出线门型架构上，土壤电阻率大于 $1000\Omega\cdot\text{m}$ 的地区，应装设集中接地装置。

35kV、66kV 配电装置，在土壤电阻率不大于 $500\Omega\cdot\text{m}$ 的地区，允许将线路的避雷线引接到出线门型架构上，但应装设集中接地装置。在土壤电阻率大于 $500\Omega\cdot\text{m}$ 的地区，避雷线应架设到线路终端杆塔为止。从线路终端杆塔到配电装置的一档线路的保护，可采用独立避雷针，也可在线路终端杆塔上装设避雷针。

10 火力发电厂烟囱附近的引风机及其电动机的机壳应与主接地网连接，并应装设集中接地装置，该接地装置宜与烟囱的接地装置分开。如不能分开，引风机的电源线应采用带金属外皮的电缆，电缆的金属外皮应与接地装置连接。机械通风冷却塔上电动机的电源线、装有避雷针和避雷线的架构上的照明灯电源线，均必须采用直接埋入地下的带金属外皮的电缆或穿入金属管的导线。电缆外皮或金属管埋地长度在 10m 以上，才允许与 35kV 及以下配电装置的接地网及低压配电装置相连接。

严禁在装有避雷针、避雷线的构筑物上架设未采取保护措施通信线、广播线和低压线。

11 独立避雷针、避雷线与配电装置带电部分间的空气中距离以及独立避雷针、避雷线的接地装置与接地网间的地中距离。

a) 独立避雷针与配电装置带电部分、发电厂和变电站电气设备接地部分、架构接地部分之间的空气中距离，应符合下式的要求：

$$S_a \geq 0.2R_i + 0.1h \quad (5.3.1-1)$$

式中：\$S_a\$——空气中距离，m；

\$R_i\$——避雷针的冲击接地电阻，\$\Omega\$；

\$h\$——避雷针校验点的高度，m。

b) 独立避雷针的接地装置与发电厂或变电站接地网间的地中距离，应符合下式的要求：

$$S_e \geq 0.3R_i \quad (5.3.1-2)$$

式中：\$S_e\$——地中距离，m。

c) 避雷线与配电装置带电部分、发电厂和变电站电气设备接地部分以及架构接地部分间的空气中距离，应符合下列要求

对一端绝缘另一端接地的避雷线

$$S_a \geq 0.2R_i + 0.1(h + \Delta l) \quad (5.3.1-3)$$

式中：\$h\$——避雷线支柱的高度，m；

\$\Delta l\$——避雷线上校验的雷击点与接地支柱的距离，m。

对两端接地的避雷线

$$S_a \geq \beta' [0.2R_i + 0.1(h + \Delta l)] \quad (5.3.1-4)$$

式中：\$\beta'\$——避雷线分流系数；

\$\Delta l\$——避雷线上校验的雷击点与最近支柱间的距离，m。

避雷线分流系数可按式计算：

$$\beta' = \frac{1 + \frac{\tau_t R_i}{12.4(l_2 + h)}}{1 + \frac{\Delta l + h}{l_2 + h} + \frac{\tau_t R_i}{6.2(l_2 + h)}} \approx \frac{l_2 + h}{l_2 + \Delta l + 2h} \quad (5.3.1-5)$$

式中：\$l_2\$——避雷线上校验的雷击点与另一端支柱间的距离，\$l_2 = l' - \Delta l\$，m；

\$l'\$——避雷线两支柱间的距离，m；

\$\tau_t\$——雷电流波头长度，一般取 \$2.6 \mu s\$。

d) 避雷线的接地装置与发电厂或变电站接地网间的地中距离，应符合下列要求：

对一端绝缘另一端接地的避雷线，应按式(5.3.1-3)校验。对两端接地的避雷线应按式(5.3.1-4)校验：

$$S_e \geq 0.3 \beta' R_i \tag{5.3.1-6}$$

e) 除上述要求外，对避雷针和避雷线， S_a 不宜小于 5m， S_e 不宜小于 3m。

对 66kV 及以下配电装置，包括组合导线、母线廊道等，应尽量降低感应过电压，当条件许可时， S_a 应尽量增大。

5.3.2 范围Ⅱ发电厂和变电站高压配电装置的雷电侵入波过电压保护

1 2km 架空进线保护段范围内的杆塔耐雷水平应该符合表 5.2.1-1 的要求。应采取措施防止或减少近区雷击闪络。

2 发电厂和变电站高压配电装置的雷电侵入波过电压保护用 MOA 的设置和保护方案，宜通过数值仿真计算确定（参见附录 E）。

3 发电厂和变电站的耐雷指标(平均无故障时间)，不宜低于表 5.3.2 所列数值。

表5. 3. 2变电站的耐雷指标

标称电压 kV	330	500	750
耐雷指标 (年)	600~800	800~1000	1000~1200

4 变压器和高压并联电抗器的中性点经接地电抗器接地时，中性点上应装设 MOA 保护。

5.3.3 范围Ⅰ发电厂和变电站高压配电装置的雷电侵入波过电压保护

1 发电厂和变电站应采取措施防止或减少近区雷击闪络。未沿全线架设地线的 35kV~110kV 架空输电线路，应在变电站 1km~2km 的进线段架设地线。

220kV 架空输电线路 2km 进线保护段范围内以及 35kV~110kV 线路 1km~2km 进线保护段范围内的杆塔耐雷水平，应该符合表 5.2.1-1 的要求。

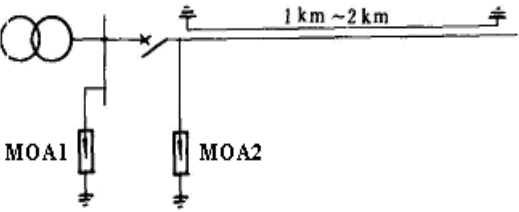


图 5.3.3-1 35kV~110kV 变电站的进线保护接线

2 未沿全线架设地线的 35kV~110kV 线路，其变电站的进线段应采用图 5.3.3-1 所示的保护接线。在雷季，如变电站 35kV~110kV 进线的隔离开关或断路器可能经常断路运行，同时线路侧又带电，必须在靠近隔离开关或断路器处装设一组 MOA。

3 全线架设地线的 66kV~220kV 变电站，其进线的隔离开关或断路器与上述情况相同时，宜在靠近隔离开关或断路器处装设一组 MOA。

4 多雷区 66~220kV 变电站，经常闭路的线路断路的线路侧宜安装一组 MOA，以防止雷击线路

断路器跳闸后待重合时间内重复雷击引起变电站电气设备的损坏。虽为中雷区但运行中已出现过此类事故的地区也同此。

5 发电厂、变电站的 35kV 及以上电缆进线段，电缆与架空线的连接处应装设 MOA，其接地端应与电缆金属外皮连接。对三芯电缆，末端的金属外皮应直接接地 [图 5.3.3-2 (a)]；对单芯电缆，应经金属氧化物电缆护层保护器(CP)接地 [图 5.3.3-2 (b)]。

如电缆长度不超过 50m 或虽超过 50m，但经校验装一组 MOA 即能符合保护要求，图 5.3.3-2 中可只装 MOA1 或 MOA2。

如电缆长度超过 50m，且断路器在雷季可能经常断路运行，应在电缆末端装设 MOA。

连接电缆段的 1km 架空线路应架设地线。

全线电缆—变压器组接线的变电站内是否需装设 MOA，应视电缆另一端有无雷电过电压波侵入的可能，经校验确定。

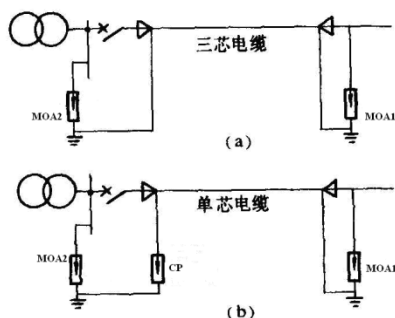


图 5.3.3-2 具有 35kV 及以上电缆段的变电站进线保护接线

(a)三芯电缆段的变电站进线保护接线；

(b)单芯电缆段的变电站进线保护接线

6 具有架空进线的 35kV 及以上发电厂和变电站敞开式高压配电装置中 MOA 的配置

a) 35kV 及以上装有标准绝缘水平的设备和标准特性金属氧化物避雷器且高压配电装置采用单母线、双母线或分段的电气主接线时，MOA 可仅安装于母线上。MOA 与主变压器间的最大电气距离可参照表 5.3.3-1 确定。

对其他电器的最大距离可相应增加 35%。

MOA 与主变压器及其他被保护设备的电气距离超过表 5.3.3-1 的参考值时，可在主变压器附近增设一组 MOA。

变电站内所有 MOA 应以最短的接地线与配电装置的主接地网连接，同时应在其附近装设集中接地装置。

b) 在本规范第 5.3.3 条第 4 款的情况下，如线路入口 MOA 与变压器及其他被保护设备的电气距离不超过表 5.3.3-1 的参考值时，可不必在母线上安装 MOA。

c) 架空进线采用双回路杆塔，有同时遭到雷击的可能，确定 MOA 与变压器最大电气距离时，

应按一路考虑，且在雷季中宜避免将其中一路断开。

表 5.3.3-1MOA 至主变压器间的最大电气距离 m

系统标称电压 kV	进线长度 km	进 线 路 数			
		1	2	3	≥4
35	1	25	40	50	55
	1.5	40	55	65	75
	2	50	75	90	105
66	1	45	65	80	90
	1.5	60	85	105	115
	2	80	105	130	145
110	1	55	85	105	115
	1.5	90	120	145	165
	2	125	170	205	230
220	2	125 (90)	195 (140)	235 (179)	265 (190)
注					
1 全线有地线进线长度取 2km，进线长度在 1km~2km 间时的距离按补插法确定；					
2 标准绝缘水平指 35kV、66kV、110kV 及 220kV 变压器、电压互感器标准雷电冲击全波耐受电压分别为 200kV、325kV、480kV 及 950kV。括号内距离对应的雷电冲击全波耐受电压为 850kV。					

7 有效接地系统中的中性点不接地的变压器，如中性点采用分级绝缘且未装设保护间隙，应在中性点装设中性点 MOA。如中性点采用全绝缘，但变电站为单进线且为单台变压器运行，也应在中性点装设 MOA。

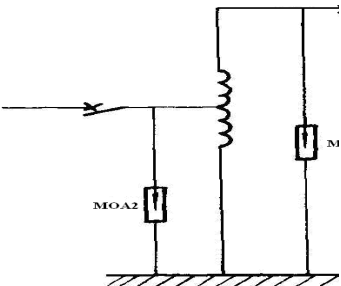


图 5.3.3-2 自耦变压器的典型保护接线

不接地、谐振接地和高电阻接地系统中的变压器中性点，一般不装设保护装置，但多雷区单进线变电站且变压器中性点引出时，宜装设 MOA；中性点接有自动跟踪补偿消弧装置的变压器，如有单进线运行可能，也应在中性点装设 MOA。

8 自耦变压器必须在其两个自耦合的绕组出线上装设金属氧化物避雷器，该 MOA 应装在自耦变压器和断路器之间，并采用图 5.33-2 的保护接线。

9 35kV~220kV 开关站，应根据其重要性和进线路数等条件，在进线上装设 MOA。

10 与架空线路连接的三绕组自耦变压器、变压器(包括一台变压器与两台电机相连的三绕组变压器)的低压绕组如有开路运行的可能和发电厂双绕组变压器当发电机断开由高压侧倒送厂用电以及具有平衡绕组的双 Y 型变压器应在变压器低压(平衡)绕组三相上装设 MOA，以防来自高压绕组的雷电波的感应电压危及低压绕组绝缘。

11 变电站的 6kV~10kV 配电装置(包括电力变压器)，应在每组母线和架空进线上装设 MOA(分别采用电站和配电 MOA)，并应采用图 5.3.3-4 所示的保护接线。母线上 MOA 与主变压器的电气距离不宜大于表 5.3.3-3 所列数值。

架空进线全部在厂区内，且受到其地建筑物屏蔽时，可只在母线上装设 MOA。

有电缆段的架空线路，MOA 应装设在电缆头附近，其接地端应和电缆金属外皮相连。如各架空进线均有电缆段，则金属氧化物避雷器与主变压器的最大电气距离不受限制。

MOA 应以最短的接地线与变电站、配电站的主接地网连接(包括通过电缆金属外皮连接)。MOA 附近应装设集中接地装置。

6kV 和 10kV 配电站，当无所用变压器时，可仅在每路架空进线上装设 MOA。

注：配电站指所内仅有起开闭和分配电能作用的配电装置，而母线上无主变压器。

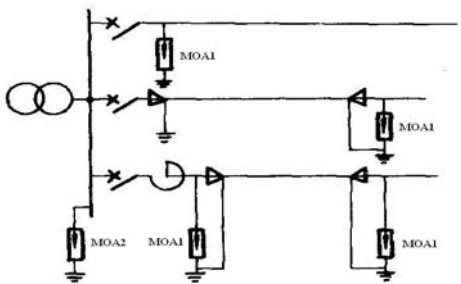


图 5.3.3-4 6kV~10kV 配电装置雷电侵入波的保护接线

表 5.3.3-3 MOA 至 3kV~10kV 主变压器的最大电气距离

雷季经常运行的进线路数	1	2	3	≥4
最大电气距离 m	15	20	25	30

5.3.4 气体绝缘全封闭组合设备(GIS)变电站的雷电侵入波过电压保护

1 66kV 及以上进线无电缆段的 GIS 变电站，应按图 5.3.4 在 GIS 管道与架空线路的连接处应装设 MOA(FMO1)，其接地端应与管道金属外壳连接。

如变压器或 GIS 一次回路的任何电气部分至 MOA1 间的最大电气距离不超过下列参考值或虽超过，但经校验装一组 MOA 即能符合保护要求，则可只装设 MOA1：

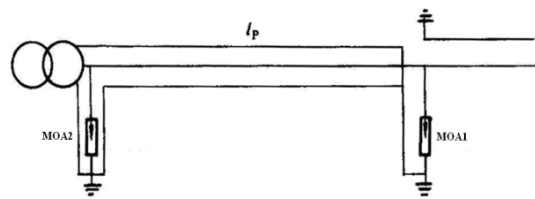


图 5.3.4 -1 无电缆段进线的 GIS 变电站保护接线

66kV	50m
110kV 及 220kV	130m

连接 GIS 管道的架空线路进线保护段的长度应不小于 2km，且应符合本规范第 5.2.1 条第 4 款的要求。

2 66kV 及以上进线有电缆段的 GIS 变电站，在电缆段与架空线路的连接处应装设 MOA(MOA1)，其接地端应与电缆的金属外皮连接。对三芯电缆，末端的金属外皮应与 GIS 管道金属外壳连接接地 [图 5.3.4 -2(a)]；对单芯电缆，应经金属氧化物电缆护层保护器(CP)接地 [图 5.3.4 -2(b)]。电缆末端至变压器或 GIS 一次回路的任何电气部分间的最大电气距离不超过本规范第 5.3.4 条第 1 款中的参考值或虽超过，但经校验，装一组 MOA 即能符合保护要求，图 5.3.4-1 中可不装设 MOA2。

对连接电缆段的 2km 架空线路应架设地线。

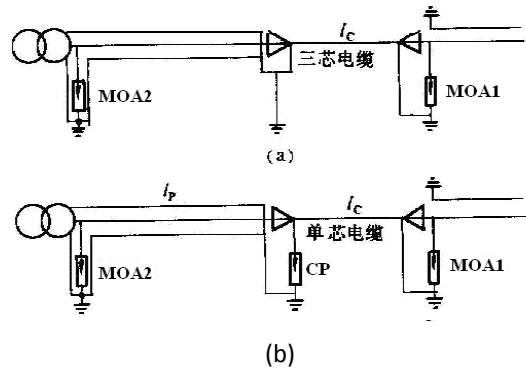


图 5.5.4-2 有电缆段进线的 GIS 变电站保护接线

(a)三芯电缆段进的 GIS 变电站保护接线

(b)单芯电缆段进的 GIS 变电站保护接线

3 进线全长为电缆的 GIS 变电站内是否需装设 MOA，应视电缆另一端有无雷电过电压波侵入的可能，经校验确定。

5.3.5 小容量变电站雷电侵入波过电压的简易保护

1 3150kVA~5000kVA 的变电站 35kV 侧，可根据负荷的重要性及雷电活动的强弱等条件适当简化保护接线，变电站进线段的地线长度可减少到 500m~600m，但其 MOA 的接地电阻不应超过 5Ω (图 5.3.5-1)。

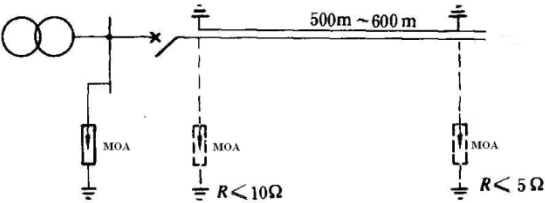


图 5.3.5-1 3150kVA~5000kVA、35kV 变电站的简易保护接线

2 小于 3150kVA 供非重要负荷的变电站 35kV 侧，根据雷电活动的强弱，可采用图 5.3.5-2 (a)的保护接线；容量为 1000kVA 及以下的变电站，可采用图 5.3.5-2 (b)的保护接线。

3 小于 3150kVA 供非重要负荷的 35kV 分支变电站，根据雷电活动的强弱，可采用图 5.5.5-3 的保护接线。

4 简易保护接线的变电站 35kV 侧，MOA 与主变压器或电压互感器间的最大电气距离不宜超过 10m。

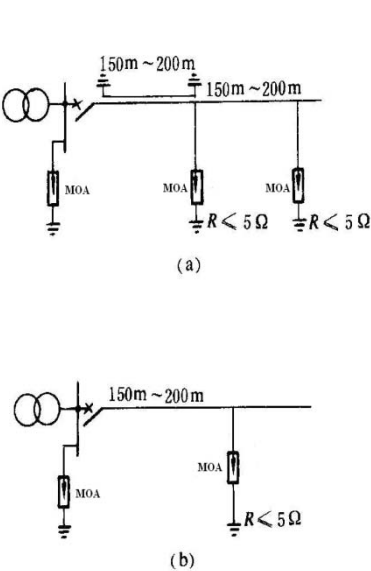


图 5.3.5-2 小于 3150kVA 变电站的简易保护

- (a)采用地线保护的接线；
(b)不采用地线保护的接线

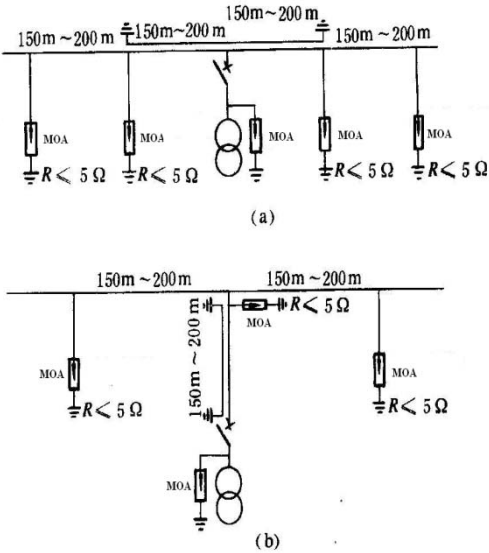


图 5.3.5-3 小于 3150kVA 分支变电站的简易保护

- (a)分支线较短时的保护接线；
(b)分支线较长时的保护接线

5.4 配电系统的雷电过电压保护

5.4.1 10kV~35kV 配电系统中配电变压器的高压侧应尽量靠近变压器装设 MOA。其接地线应与变压器金属外壳连在一起接地。

5.4.2 10kV~35kV 配电变压器的低压侧宜装设一组 MOA，以防止反变换波和低压侧雷电侵入波击穿高（低）压侧绝缘。该 MOA 接地线应与变压器金属外壳连在一起接地。

5.4.3 10kV~35kV 柱上断路器和负荷开关应装设 MOA 保护。经常断路运行而又带电的柱上断路器、负荷开关或隔离开关，应在带电侧装设 MOA，其接地线应与柱上断路器等金属外壳连接，且接地

电阻不宜超过 $10\ \Omega$ 。

装设在架空线路上的电容器宜装设 MOA 保护。MOA 应尽量靠近电容器安装，其接地线应与电容器金属外壳连在一起接地，接地电阻不宜超过 $10\ \Omega$ 。

5.4.4 架空配电线路使用绝缘导线时，应视雷电活动情况和已有运行经验采取防止雷击导线断线的防护措施。这些措施包括带串联间隙的 MOA 或防弧金具等。

5.5 旋转电机的雷电过电压保护

5.5.1 与架空线路直接连接的旋转电机(发电机、同步调相机、变频机和电动机，简称直配电机)的保护方式，应根据电机容量、雷电活动的强弱和对运行可靠性的要求确定。

5.5.2 单机容量为 $25000\text{kW}\sim 60000\text{kW}$ 的直配电机，宜采用图 5.5.2 所示的保护接线。 60000kW 以上的电机，不应与架空线路直接连接。

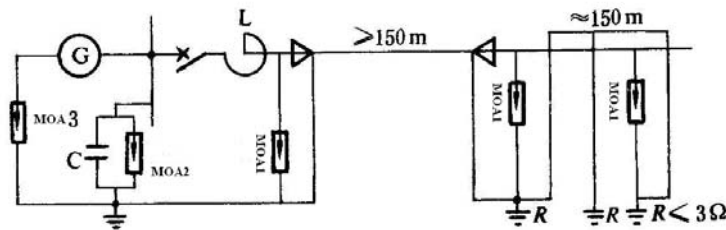
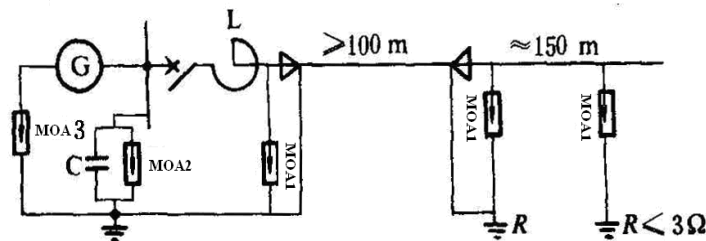


图 5.5.2 $25000\text{kW}\sim 60000\text{kW}$ 直配电机的保护接线
MOA1—配电 MOA；MOA 2—旋转电机 MOA；
MOA 3—旋转电机中性点 MOA；
G—发电机；L—限制短路电流用电抗器；C—电容器

进线电缆段应直接埋设在土壤中，以充分利用其金属外皮的分流作用。如受条件限制不能直接埋设，可将电缆金属外皮多点接地，即除两端接地外，再在两端间的 3 处~5 处接地。

进线段上的 MOA 的接地端，应与电缆的金属外皮和地线连在一起接地，接地电阻 R 不应大于 $3\ \Omega$ 。

5.5.3 单机容量为 $6000\text{kW}\sim 25000\text{kW}$ (不含 25000kW)的直配电机，宜采用图 5.5.3 所示的保护接线。在多雷区，也可采用图 5.5.2 所示的保护接线。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/155210312244011310>